

## ⑫ 特許公報 (B2)

平5-80273

⑬ Int. Cl. 5

B 05 B 7/22  
7/18  
H 05 H 1/42

識別記号

庁内整理番号

6762-4D  
6762-4D  
9014-2G

⑭ 公告 平成5年(1993)11月8日

請求項の数 18 (全10頁)

## ⑮ 発明の名称 プラズマアーク溶射法及び装置

⑯ 特願 昭63-56481

⑯ 公開 昭63-252567

⑯ 出願 昭63(1988)3月11日

⑯ 昭63(1988)10月19日

優先権主張

⑯ 1987年3月11日⑯米国(US)⑯24485

⑰ 発明者

ジェイムス エイブ ロウニング アメリカ合衆国、ニューハンブシャー州、ハノーバー、ビ

⑯ 出願人

ジェイムス エイブ ロウニング アメリカ合衆国、ニューハンブシャー州 03748、エンフ

⑯ 代理人

弁理士 広江 武典

審査官 井口嘉和

1

2

## ⑰ 特許請求の範囲

1 第1の陰極電極を収容するチャンバを通して、このチャンバから、第2の陽極電極を形成するとともに前記第1の電極と整列しつつ間隔をおいて設けられた陽極ノズル通路を形成する溶射ノズルを通して加圧下でプラズマ生成ガスを供給し、前記ノズル通路を出るプラズマフレームジェットを形成するため前記第1および第2電極間に電気アークを生成し、ノズル出口の前面かつ下流側に置かれた基板に当てて被覆するため前記フレームジェット内で物質を溶融加速するように前記フレームジェット中へ前記物質を供給するプラズマアーク溶射方法において、陽極通路を通して伸長するガス流の低圧核を生成するためにプラズマ生成ガスの渦流を形成し、陽極ノズル通路全域に伸長したイオン化アーク柱を形成し、ノズル通路径の約4倍の長さだけノズルの端部を越えて拡がつて超音速の伸長したイオン化アーク柱を形成するため陽極ノズル通路径に対しガス流の速度とアーク電流を調節することを特徴とするプラズマアーク溶射法。

2 溶射される物質を有害なほど過熱せず溶射率を最大とするため、ノズルの端を越えて伸長したイオン化アーク柱に沿つたある点で前記物質を導入する段階を含むことを特徴とする特許請求の範

囲第1項記載のプラズマアーク溶射法。

3 伸長したイオン化アーク柱に溶射される物質を導入する前記段階は、噴霧化および溶射のため、ガス流の方向に、伸長したイオン化アーク柱に斜めに前記物質で形成された少くとも1つの線材を供給することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマアーク溶射法。

4 前記陽極ノズル通路を通つてガス流中へ粉末状の物質の少なくとも1つの別の流れを同時に供給する段階を含むことを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のプラズマアーク溶射法。

5 フレーム溶射される物質の少くとも1つの線材を供給する段階は、2つの線材を前記陽極ノズル通路の下流で伸長したイオン化アーク柱へ斜めに供給することを含み、前記線材は導電性の物質で形成され、前記方法はさらに、伸長したイオン化アーク柱へ供給される2つの線材の端部間に第2のアーク柱を形成するために前記2つの線材に電位差を加える段階を含み、前記第2のアーク柱は、プラズマトーチ陽極ノズル通路から放出する伸長したイオン化アーク柱と同時に強制的に流れることを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のプラズマアーク溶射法。

6 前記粉末の粒子を前記伸長したイオン化アーク柱と接触する前に湿気のある物質の薄層であら

かじめ被覆し、続けて前記被覆された粉末粒子を、この粒子が前記線材を構成する物質から形成された溶融小滴に付着するのに必要な程度にのみ加熱するステップを含むことを特徴とする特許請求の範囲第4項記載のプラズマアーク溶射法。

7 プラズマアーク溶射ジェットを形成し、非安定粉末物質の粒子に湿気のある物質の薄い被覆を形成し、前記被覆された粒子を前記プラズマアーク溶射フレームジェットに供給し、前記粒子を前記フレームジェット中で他の粒子へ付着が有効となるだけの温度に加熱し、前記被覆された粒子の物質と類似または同一の物質から成る粒子を、前記被覆されたフレーム溶射粒子への付着を有効とするように加熱軟化または溶融するためにプラズマアーク溶射フレームジェットへさらに別に供給する段階を含む、非安定粉末物質をフレーム溶射することを特徴とするプラズマアーク溶射法。

8 前記粒子は、ニッケルを含む物質で被覆されたダイヤモンドからなることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載のプラズマアーク溶射法。

9 前記本質的に熱非安定な物質は、シリコンカーバイドであることを特徴とする特許請求の範囲第7項のプラズマアーク溶射法。

10 前記非安定な粉末物質は、溶射の方向と斜めにプラズマアーク溶射ジェット中に供給される連続供給金属板の核としてプラズマアーク溶射フレームジェット中へ供給され前記プラズマアーク溶射フレームジェットの軸と同一平面上の前記板は前記ジェットを切断することを特徴とする特許請求の範囲第7項記載のプラズマアーク溶射法。

11 陽極ノズル通路を同軸に含み陽極電極を形成する第1の導電性端壁と第2の反対側端壁を有するチャンバを形成する円筒形ケースと、この円筒形ケースの前記反対側端壁内に同軸に取り付けられ、前記第1の端壁とは絶縁され、わずかに離れた陰極電極と、前記陽極ノズル通路は、前記陰極電極に面する端部で外側に開き円錐形に拡大しており、前記円筒形ケースと陰極電極と両端壁で画成されるチャンバに加圧下でプラズマ生成ガスを導入する手段と、前記陽極ノズル通路から出るプラズマアークフレームを生成するために前記陽極を構成する前記第1の端壁と前記陰極電極の間に電位差を発生させる手段とを含むプラズマアーク溶射装置において、前記チャンバに加圧下でプラ

スマ生成ガスの流れを供給する前記手段は、陽極ノズル通路を通つて伸びた低圧核を示すガスの渦流を形成するために前記陽極ノズル通路から離れた前記チャンバの端に接線方向で前記ガスを供給

5 する手段を含み、前記核は前記陽極ノズル通路を通り外へ伸びた小径アーク柱を形成し、前記陽極ノズル通路は比較的小さな径を有し、前記装置は、さらに前記ノズルの放電端をノズル通路径の約4倍の距離だけ越えて伸びた超音速伸長イオン化アーク柱を形成するため前記陰極と前記陽極間で前記アークのアーク電流とガス流を調節する手段を含むことを特徴とするプラズマアーク溶射装置。

12 前記ノズルの出口の前面、下流側に置かれた5 基板へ打ち当てるため物質を溶融し加速するため前記フレームジェット中へ物質を供給する手段を含むことを特徴とする特許請求の範囲第11項記載のプラズマアーク溶射装置。

13 フレームジェット中へ物質を供給する前記20 手段は、溶射物質の有害な加熱を生じることなく、溶射率を最大とするため前記ノズルの出口の下流で前記伸長イオン化アーク柱へ前記物質を供給する手段を含むことを特徴とする特許請求の範囲第11項記載のプラズマアーク溶射装置。

14 前記物質供給手段は、前記ノズルの出口から離れた伸長イオン化アーク柱の端へ物質を粉末、線材または棒状で供給する手段を含むことを特徴とする特許請求の範囲第12項記載のプラズマアーク溶射装置。

15 前記物質導入装置は、前記物質の線材をはさみ、前記線材を、フレームジェットの方向に前記伸長イオン化アーク柱の通路中へ斜めに移動させる1対の反対方向に駆動されるローラを含むことを特徴とする特許請求の範囲第14項記載のプラズマアーク溶射装置。

16 前記物質は第1および第2の線材を含み、前記導入手段は前記ノズルの出口を越えた前記イオン化アーク柱に沿つて縦方向に離れた点で前記アーク柱と接触するように前記アーク柱の通路へ前記伸長イオン化アーク柱と斜めの角度で軸方向に線材を供給する手段と、前記線材の一方を前記陽極電極へ接地する手段と、前記線材間に電位差を生成する手段を含み、第2アーク柱が伸長イオン化アーク柱の近くの線材の端部間を横切つて生

成され、前記第2のアーク柱は、プラズマアークトーチから出る主アークと同時に流れるように拘束され、前記装置によるフレーム溶射される物質の割合を増加させることを特徴とする特許請求の範囲第14項記載のプラズマアーク溶射装置。

17 前記第1の端壁は第1、第2構成品を含み、前記構成品は、前記陰極電極と整列した同軸穴を含み、前記第1、第2構成品は軸方向に離れており、電気的に絶縁されていて、前記同軸穴の径より大きな径を有する円筒形第2ガス室がその間に形成され、前記第1端壁構成品内の前記同軸穴は整列した第1上流側および第2下流側ノズル通路を構成し、前記装置はさらに、前記第1および第2ノズル通路の中間の前記第2ガス室へ接線方向に第2ガスを供給する手段を含み、前記陰極電極と前記陽極電極間に電位差を与える前記手段は、電源を、前記陰極電極と、前記陰極電極から離れた前記第1端壁の前記陽極電極を形成する前記構成品との間に接続する手段を含み、前記第1の上流側ノズル通路を形成する前記端壁の構成品は、陰極電極と陽極電極間に形成されるアーク柱を長くすることによりアーク電圧を上昇させるための働きをしている間、電気的に絶縁されており、前記下流側ノズルのノズル通路径の数倍の距離だけ大気中に伸びている伸長イオン化アーク柱が生じることを特徴とする特許請求の範囲第11項記載のプラズマアーク溶射装置。

18 前記第1端壁の構成品は、互いに向き合う端面と、この端面上の外周内に環状溝を含んでおり、電気絶縁性物質のリングがそれぞれの端部で前記溝内に嵌合されており、前記構成品間の軸方向間隔を保持し、第2のガスパイプが前記リングへ結合されており、前記リングは内周に接線方向に開口した通路手段を含み、第2ガスの渦流を有効にし、前記第2構成品の陽極ノズル通路と前記第1端壁の前記浮遊第1構成品のノズル通路を通つて拡がる前記低圧核の生成を促進することを特徴とする特許請求の範囲第17項記載のプラズマアーク溶射装置。

#### 発明の詳細な説明

##### 〔産業上の利用分野〕

この発明は、改良されたプラズマアーク溶射法および装置に関するもので、従来のプラズマ溶射システムよりも4倍のジェット速度を有し、より

高い電流、電圧で動作し、伸長アークプラズマジェット内の粒子のかなり小さな寿命(dwell time)にかかわりなく粉末溶射粒子の加熱を促進するためかなりの伸長したアークで動作することを特徴とするものである。

##### 〔従来の技術〕

1950年代に表面被覆形成のための金属およびセラミックスのプラズマ溶射の出現以来、プラズマ溶射法は商業的に非常に重要なものとなつていい。驚くべきことだが使われている装置(基本的技術配列)は、本質的に変化しなかつた。

第1図に従来のプラズマ溶射トーチ10bを示す。説明を簡略にするため、水冷却手段は意図的にこの図から省略している。円筒形でカップ型の電気絶縁ボーダー10bが陰極電極12を同軸に支持している。電気絶縁ボーダー10bは、陰極電極12を支持する側と反対側を第2ボーダー11により閉じられており、陰極電極12は第2ボーダーに向かつて接触しないように伸びている。第2ボーダー11には、プラズマ溶射トーチノズル通路9を形成する軸方向の穴11aが設けられている。陰極電極12と陽極となる第2ボーダー11の間に電圧を加えることによりアーク17が形成される。アーク17は、電極12からノズル通路9の内壁へおよんでいる。その長さは、ガス供給チューブ15を通つて陰極電極12のまわりの環状マニホールド24へ流入する、矢印Gで示されたプラズマ形成ガスの流れにより長くなる。チューブ15は、円筒形ボーダー10bの側面内の一一直線にそろえた放射状の穴15aを通つてボーダー10b内へつながつている。ボーダー10bと同様の絶縁体からなる横断隔壁13が電極12を支持している。隔壁13には、電極12の先端12aのまわりに流れを有するノズル通路9へ通じる多数の小径通路23が設けられている。矢印Pで示された溶射される粉末が、アーク17の陽極端18を越えた点でアーク加熱されたガス中へ流入する。粉末は、チューブ16を通つて導入され、チューブに整列された通路16'へ流入する。通路16'は、ノズル9の端からでてくる高温ガスジェット25にそつてできるだけ粉末流の中心がそろうように穴11aへ開口している。

非常に明るい円錐形のアーク領域19が、ノズル9の出口を越えてわずかな距離に拡がつてお

り、この領域は、イオン化したガス種の拡張部を形成している。この円錐形領域内では、熱伝達が非常に大きい。高温ガスジェット 25 でイオン化領域 19 を越えて粒子 P にガス状の加熱が加えられることが理解できるであろう。さらに粒子は、高速（音速以下）ジェット 25 内で速度を増し、加工品 22 の表面に当たり被覆 21 を形成する。

代表的な従来のプラズマ溶射トーチ 10' は、5/16 インチ口径のノズル通路 9 を使い 100SCHF の窒素ガス G の流れを流し、動作電流 750A、アーク電圧 80V で動作する。イオン化ゾーンまたは領域 19 は、ノズルの先端 9a から約 1/3 インチ伸びている。到達した総出力レベルは 60Kw である。陰極と陽極を合わせた損失は約 30V で、正味の加熱能力（ガスの  $I^2R$  加熱）は、37.5Kw である。冷却水による熱損失を 20% とすると、ガス加熱は 30Kw ある。上記従来の動作パラメータで従来システムにおけるプラズマガスのエンタルピー増加は、約 14500Btu/ポンド である。なお、Btu は 1 ポンドの水をカ氏 1 度だけ暖めるのに要する熱量である英國熱量単位をいう。

〔発明が解決しようとする課題〕

本出願人は、リツドトランスマニアープラズマアークトーチの伸長した高温超音速フレームカット装置および方法の有益の効果の詳細な研究を行なつてきた。この研究と結果は、たとえば本出願人の最近の米国特許第 4620648 号に示されている。ノントランスマニアープラズマアークトーチ内のアークを伸長する有益な効果の考察と関連して、本出願人は、伸長アークの形成を促進するものとして、トーチノズル通路を通るプラズマガスのうず流の利用を考察した。その考察において、本出願人は、過去において、ノントランスマニアープラズマアークトーチ内のうず流は、動作の信頼性を損なうことを知つた。音速以下のジェット速度を用いると、アーク柱は折れまがり、第 1 図の従来のプラズマアーク溶射トーチの角度のついたもの（たとえば第 2 ボデー 11）の端面に、ノズル 9a の出口から放射状に十分はなれた点でぶつかる。その結果、急速なトーチの腐食が生じる。

この知識にもかかわらず、本出願人は、超音速ジェット速度で短い寿命（ドゥエルタイム）を有する粒子を被覆される基板に十分な溶融を保証し、トーチは腐食させずに方向づけるために用い

ることのできる改良された高電圧、高電流拡張イオン化アーク柱ノントランスマニアープラズマアークトーチを探求した。

〔課題を解決するための手段〕

5 上述した課題を解決するため本発明のプラズマアーク溶射法は、第 1 の陰極電極を収容するチャンバを通し、このチャンバから、第 2 の陽極電極を形成するとともに前記第 1 の電極と整列しつつ間隔をおいて設けられた陽極ノズル通路を形成する溶射ノズルを通して加圧下でプラズマ生成ガスを供給し、前記ノズル通路を出るプラズマフレームジェットを形成するため前記第 1 および第 2 電極間に電気アークを生成し、ノズル出口の前面かつ下流側に置かれた基板に当てて被覆するため前記フレームジェット内で物質を溶融加速するよう前記フレームジェット中へ前記物質を供給するプラズマアーク溶射方法において、陽極通路を通じて伸長するガス流の低圧核を生成するためにプラズマ生成ガスの渦流を形成し、陽極ノズル通路 10 全域に伸長したイオン化アーク柱を形成し、ノズル通路の約 4 倍の長さだけノズルの端部を越えて拡がつている超音速の伸長したイオン化アーク柱を形成するため陽極ノズル通路に対しガス流の速度とアーク電流を調節することを特徴とするものである。

25 また、本発明のプラズマアーク溶射装置は、陽極ノズル通路を同軸に含み陽極電極を形成する第 1 の導電性端壁と第 2 の反対側端壁を有するチャンバを形成する円筒形ケースと、この円筒形ケースの前記反対側端壁内に同軸に取り付けられ、前記第 1 の端壁とは絶縁され、わずかに離れた陰極電極と、前記陽極ノズル通路は、前記陰極電極に面する端部で外側に開き円錐形に拡大しており、前記円筒ケースと陰極電極と両端壁で画成されるチャンバに加圧下でプラズマ生成ガスを導入する手段と、前記陽極ノズル通路から出るプラズマアークフレームを生成するために前記陽極を構成する前記第 1 の端壁と前記陰極電極の間に電位差を発生させる手段とを含むプラズマアーク溶射装置 30 において、前記チャンバに加圧下でプラズマ生成ガスの流れを供給する前記手段は、陽極ノズル通路を通じて伸びた低圧核を示すガスの渦流を形成するために前記陽極ノズル通路から離れた前記チャンバの端に接線方向で前記ガスを供給する手段

35 40

(5)

特公 平5-80273

9

を含み前記核は前記陽極ノズル通路を通り外へ伸びた小径アーク柱を形成し、前記陽極ノズル通路は比較的小さな径を有し、前記装置は、さらに前記ノズルの放電端をノズル通路の約4倍の距離だけ越えて伸びた超音速伸長イオン化アーク柱を形成するため前記陰極と前記陽極間で前記アークのアーク電流とガス流を調節する手段を含むことを特徴とするものである。

## 〔作用〕

本発明は上記手段により、従来のプラズマ溶射システムよりも数倍のジェット速度を有し、より高い電流、電圧で動作し、伸長アークプラズマジェット内の粒子のかなり小さい寿命(dwell time)にかかわりなく粉末溶射粒子の加熱を促進するためかなり伸長したアークで動作することができる。

## 〔実施例〕

以下、この発明の一実施例を、第2aおよび2b図を参照して説明する。改良されたプラズマ溶射トーチ10は、第1図の従来例のボデー10bと同様の円筒形の電気絶縁ボデー30を用いている。ボデー30は、一端を第2円筒形ボデー31でふさがれており、ボデー30の他端は、同軸に陰極電極32を支持する横断壁30aを有している。陰極32電極の脚部32aは、トーチノズル通路34を形成する穴31aの円錐形縮小部35へ突きでている。この発明は、伸長イオン化アーク柱ゾーンを形成するための高うず強度プラズマガス流に依存している。この場合、ガス供給パイプまたはチューブ26は、陰極32のまわりの環状室41にかんして接線方向に設けられ、矢印Gで示されたガス流は、第2b図に示されているように通路33を通過して接線方向に室41へ入り、ノズル通路34を形成し縮少された径の穴31aへ通じる円錐形縮小部35を通過して出していく。そのようなものとして、円錐形縮小部35は、滑らかにうず流を縮少径ノズル通路34へ通過させる。角運動量保存の法則により、ガス流の外側境界が減少すればうず強度はより大きくなる。このうずの小径の核は、通路34の壁近くのガス層の圧力と比較して低い圧力を示す低圧核である。伸長したアーク柱37は、低圧核を通過する位置に生じ、ノズル34の出口34aを十分に越えて伸びている。

(5)

10

ノズル径の減少、および/またはアーク電流の増加が、ノズル34を通過して大気へ到る通路における臨界圧力低下以上のものを生じ、音速以下の場合におけるアークアノードスポットの突然の変化を除去する。超音速流では、アノード領域はより分散し、ノズル出口近くのノズル34内壁およびノズルの出口34aのまわりのボデー31の薄い周辺放射状領域にひろがる。伸長アーク37(イオン化区域)は、第1図の従来のトーチのイオン化区域とくらべて半径が小さい。ノズル出口34aを越えて伸長しているその長さも、第1図の装置のイオン化区域19の長さよりかなり長い。この発明の原理を用いた第2a、2b図の改良されたトーチ10の1例と第1図の従来装置に15関し論じた例との比較は、改良されたトーチの従来のトーチとの重要な差を区別する助けになる。トーチ10は、120SCFHの窒素を用い、陰極32電極と陽極31間の隙間に200Vの電圧を加え、400Aの電流で動作する。このサンプル装置では、20ノズル径3/16インチで上記動作パラメータのとき、イオン化区域はノズル出口34aを越えて1-1/4インチ伸びている。電極損失は同じく約30Vで、正味のガス退出エンタルピーは(20%の冷却損失後)27000Btu/ポンドに達した。第251図の従来装置のそれのほとんど2倍である。出口のジェット速度を計算または決定することは困難だが、第2a、2b図の改良されたプラズマ溶射トーチ10を用いた第2例のジェット速度は、第1図の従来のトーチ10'と対照して、ガスエンタルピーとノズル断面積に基づき比較できる。この関係のもとで、トーチ10を用いた第2例のガス流は、トーチ10'を用いた第1例のそれの1.2倍である。ノズル面積の逆関係を適用して、第2例(あるガスエンタルピーで)のジェット速度は第1例の3-1/3倍である。エンタルピーの比の平方根を適用して、付加速度増加1.4が生じる。従って、プラズマフレームジェット38のジェット速度は、従来例のフレームジェット25の最大約4-1/2倍であることがわかる。

40 この発明の大きな加熱容量とジェット速度の増加が、プラズマ溶射における大規模な技術的進歩を生みだす。過去を考慮すると、プラズマ溶射において、濃密な被覆は高い粒子衝突速度を必要とする。しかし、さらに適当な粒子加熱が基板と衝突

(6)

特公 平 5-80273

11

12

するまえに物質の溶融または半溶融条件を保証するために必要である。出願人の方法と装置は、増加したガスエンタルピーが、適当に粒子を加熱することができ、粒子はその高速度によりジェット38中に、被覆される基板に衝突する前ごく短時間とどまる。本質的にこの発明は、ノズルを通過するガスのより大きな臨界圧力低下を必要とする。そのような低下は、第2a図の装置のフレームジェット38内のショックダイアモンド40の存在を観察することにより視覚的に証明される。また、イオン化区域（ノズル出口34aを越えて伸長しているアークの長さ）は、最良のフレーム溶射結果にたいし、ノズル口（穴31a）径の小くとも4倍あるべきである。

第2a, 2b図に示した装置は、第2a図の矢印Pで示した粉末物質のフレーム溶射を含んでいた。この発明は、高品質フレーム溶射被覆を形成するため線状および棒状の物質を溶射することもできる。事実、今日までプラズマ溶射において実際的な線材の使用は、第1図の装置のジェット25のような低速度プラズマジェットによる線材の噴霧化の不充分さのため不可能であった。

第3a, 3b図は、二つの異なるプラズマジェット一線材配列を示すもので、大きく伸長したアーク状況のため使用できる。第3a図は、第2a, 2b図の実施例の変形を示し、この発明の他の実施例をなすものである。線材50は、矢印で示されたように駆動される一対のフィードロール51にはさまれており、ゆつくりと矢印28の方向にある角度θ<sub>1</sub>でプラズマジェット37中へ供給される。線材50は、トーチ10にたいしボーダー31内のノズル34のノズル出口34aに近くに位置しており、全アーク陽極加熱を高比率でうけとる。非常に大きな溶融消散が生じる。多くの金属にとつて、これは好ましい配列である。他の物質にたいし、このような高加熱は、加熱しすぎであり、実際好ましくない蒸発を生じる。たとえば、亜鉛線材を溶射すると、第3a図の配置では白い酸化亜鉛の微粒子の大きな雲が生じる。臨界的な成分比率を有する合金は、好ましくない損害をこうむる傾向がある。

第3b図は、さらに他の実施例を示す。この実施例は、基本的に第2a, 2b図のトーチ10と同じだが、粒子がパイプ27、通路27'を通し

て供給されるのでなく、線材または棒材50が矢印の方向に回転する一対の駆動フィードロール51により同じ圧力ではさまれ矢印28の方向に供給される。しかし、第3a図の大きな角度θ<sub>1</sub>とくらべて小さな鋭角θ<sub>2</sub>を使うことにより、第3b図は多くの低融点物質および臨界的合金物質に対しより好ましい線材供給モードを示している。さらに、線材または棒材50の先端の進入点は、イオン化区域、すなわち伸長したアーク37の端近くであり、わずかに陽極加熱が生じるのみである。第3a図の配列との比較で、第3b図で示した配列を用いた結果は、噴霧化溶融小滴のわずかな過熱をともなう高温ガス加熱と似ている。これらの条件では、亜鉛線材は、濃密な雲を生じることはない。

線材溶射の率を高めるため、伸長したイオン化区域に一以上の線材を供給してもよい。たとえば、第3a, 3b図に示された態様を同時に用いてもよい。ある場合には、最大溶融率を達成するため、同時にジェット中へ3以上の線材を供給することが有利である。

イオン化区域、すなわち伸長したイオン化アーク柱37に複数の線材を供給するかわりに、第2図に示されたトーチ10は、第4図では、金属または他の物質の細片60を伸長したイオン化アーク柱37に矢印の方向に斜めに供給するように変形されている。細片60は、第3a, 3b図と同様に一対の確実に駆動されるローラーまたはホイール（図示省略）ではさまれて駆動される。試験の結果、溶融率は第3a, 3b図における線材に対するよりもかなり大きいことが確かめられた。アーク生成に用いられる高電圧、高電流および生じた利用可能な熱により、溶融率が大幅に改善されることに注目すべきである。50Kwの出力レベルでの一連のテスト試行において、ステンレス鋼細片にたいし、最適の細片断面は、厚さ3/32インチ、幅3/4インチであった。

この発明は、特に高電圧を用いており、その結果、ある電力にたいしアンペア数が低いという利点を有している。80Kwの時、400Aは1000Aの電流よりも使用する際はるかに信頼性がある。特にノズル陽極の問題は、この発明の方法と装置をすることにより大いに減少する。達成された高速度で、フレームジェット速度が線材噴霧化にたい

し適切である時、さらにトーチ出力の増加により溶融率を増加させることにおける意味はほとんどない。

第5図は、第2a, 2b図のトーチ10を用いたこの発明の一実施例を示すものである。この実施例においても、パイプ27、通路27'、およびP(第2a図)における粉末状の物質の供給は用いられておらず、トーチ10は、固定して二つの線材71, 72を支持し、伸長したイオン化アーク柱37への通路へ供給する。さらに、低電圧溶接機械の出力が、基板(図示略)へ溶融されて溶融被覆される線材へ加えられる。図に示されたDC電源70は、前述の低電圧溶接機械の出力を構成し、二つの金属線材71, 72間にリード線76, 77を通して加えられる。プラズマアークは、プラズマジェットにそつてさらに遠くに位置する設地電位線材72まで通じている。さらに、付加的アーク73が伸長イオン化アーク柱37の近くで二つの線材71, 72の近づきつつある先端間に生じる。これは、電極損失を直接線材71, 72へ加え、その結果、さらに溶融率が増加する。電気回路は、ノズル陽極31と下流側線材72が共通の接地を構成するものである。なぜなら、導電性チューブ78が下流側線材72のガイドとして機能し、導電性のひもまたは支持体79でノズル陽極を構成するボーデー31へ機械的、電気的に接続されるからである。線材71は、第2a図のトーチ10の第二陰極(陰極32にたいし)となり、線材71は、通過するボーデー31から電気的に絶縁されていなければならない。この点を考慮してノズルアノードボーデー31中に形成された斜めの穴80内に固定された絶縁チューブ75により線材71は摺動可能に支持される。再び、線材は線材をはさみイオン化アーク柱37へ軸方向に動かす駆動ロール51の回転により、確実に矢印の方向に駆動される。伸長イオン化アーク柱37は、この場合主アーク柱だが、線材71から線材72への電子の流れを活性化するイオン化通路を提供する。そのようなものとして、アーク37がまず確立され、線材71と72がアーク37へ押しやられ、物理的に約1/4インチの間隔がとられる。

さらにこの発明の利点は、線材と粉末の両者を

同時に溶射する装置の能力である。そのようなものとして、トーチ10は、パイプまたはチューブ27と通路27'を残し、同時に第3a図の線材50を伸長したイオン化アーク柱37へ供給する5対のロールを用いてもよい。したがつて、各タイプの溶射モードはそれ自身の特性をもち、説明した実施例の組合せは、特意な結果を生じうる。溶射される線材は、完全な溶融粒子または単に熱で軟化した粒子を生じなければならない。線材は、10よりより強度と被覆密度を生じるかもしれない。しかし、高温度レベルは、不利な酸化または他の損失を物体へもたらす傾向がある。

非常に高出力レベルを要求されるところでは、第6図に示される実施例の配列を使うことが必要15である。このより複雑な配列の理由は、第2a, 2b図の第1実施例をみると一番よくわかる。高出力をうるためには、アークの電流または電圧を増加しなければならない。電流が増加すると、陽極結合点はノズル通路34内へ後退し軸方向に電圧を減少させる。増加した電圧は、ガス流の増加でえられるかもしれない。しかし、トーチ10内のガス圧は、この実施例の陰極32の急速の減退をもたらすかもしれない。第6図の実施例では、改良されたプラズマ溶射トーチ10"は、第2a, 2b図のトーチ10と同じように動作する。カップ型円筒形の電気絶縁ボーデー30'が陰極電極60をこの発明の第1実施例と同様に同軸方向に支持し、ボーデー10が閉じられたこの発明の第1実施例と同様に、トーチ10"の陽極を構成する第32ボーデー61で閉じられている。第6図で、陽極60はDC電源59にリード線57で接続し、一方リード線58が第2ボーデー61へ通じている。なお、第6図の実施例は第1図の先行技術のトーチを含めてすべてのトーチの陰極、陽極間に電位差を供給する方法を説明している。さらに、第2a, 2b図の実施例と同様、主ガスGは、チューブ26から接線方向に設けられた通路33を通つて陰極60と絶縁ボーデー30'の内壁間に整列した環状室41内へ流入する。円錐形の縮小部35は、再びなめらかにガスのうず流を、トーチ10"にたいし陽極として使用する第2ボーデー61の上流端で、通路55の減少した径のノズルへ連通させる。第2ボーデー61は、二つの軸方向に分離した導電性構成品、上流側構成品61aと下流

15

側構成品61bとからなる。環状溝64がボデー61の周面に形成され、プラズマ溶射トーチ10°の第1ボデー30'を形成する電気絶縁体と同様の物質からなる短かいリング52がはめられる。リング52は、電気的に第2ボデー61の構成品61aを61bから絶縁する。それゆえ、技術的な意味で、リード線58は、電源から陽極側で、第2ボデー61の下流側構成品61bに接続する。円錐形縮小部35は、第一ノズル定義するボデー61の構成品61aの第1上流側ノズル通路55を形成する軸方向穴62へ通じている。ボデー61の第2構成品61bは、第2ノズルを形成し、第2ノズル通路56を形成するやや小さな径の穴63が設けられている。第2ノズル通路56の上流側端は、ガス流通路の円錐形縮小部65を形成するように外側に開いている。したがつて、第2ボデー61の下流側構成品61bは、第1上流側ノズル61aと軸方向に離れた第2ノズルを形成する。このトーチのアノード領域53は、多くのノズル通路と等しい長さで大気中に伸長したイオン化アーク柱37を有する通路56の出口56aに近接している。

第1ノズル61aは、電気的に浮遊していて、単にイオン化アーク柱37を長くすることによりアーク電圧を増加させる働きをする。多くの場合、第1ノズル通路55を限度する第1ノズル構成品の穴62は、第2ノズル通路56を限定する穴63より径が大きい。

この装置と方法は、上流側および下流側ノズル61a, 61bおよびこれら二つのノズルをたがいに結合し分離している電気絶縁リング52で限定される円筒形室66へ供給される。矢印G'で示される第2ガスを用いていることに注意することは重要である。第2ガスは、第2ガス室66へ接線方向に開口している小径の接線方向通路68へ入れられるチューブ67によって供給される。第2ガスG'は主ガスGは、伸長イオン化アーク柱を支え流し出する、二つのガスを有する装置内の単に二つの異なる点で供給される同じガスであつてもよい。粒子はプラズマガス流に上流で供給されてもよいし、従来例のように、伸張したイオン化アーク柱37で供給されてもよい。

あるアークノズル長と径に対し、最適のガス流を決定することは、比較的簡単である。このガス

16

流は、実験により、イオン化アーク柱37をノズル出口を十分越えて伸長するものとして見られるもので、さらに、ノズル穴（第3b図の実施例で、34で示されたような）内のアノードアーク5状況の大部分を保持するものである。ノズル出口を越えた第2ボデー61の開放面上の陽極作用の割合が大き過ぎると、急速な摩耗を生じる。ノズル出口のすぐまわりのある陽極作用は、最適動作を示す。

10 最適ガス流を決める方法は、ガス圧力に関してアーク電圧変化を測定することである。第7図のプロットは、3/16インチ径のノズル穴63を有する下流側ノズル61bに対する代表的なケースを説明している。この曲線は、ガス圧力とともに電圧が増加することを示している。ガス圧力は、ガス流の基準である。第7図のプロットで示された例では使用したガス窒素であった。電圧は、この曲線の点A, B間では、着実、一様に増加する。Bを越えると、即ち、曲線の点B, C間では、わざかな流れの増加が急速な電圧の増加を引き起す。点Bを越えた条件では、アークの陽極はノズル穴63を出はじめる。点Bの近くでは、大部分のアノード動作は、まだノズル穴内である。最適条件は、第7図のプロットでガス圧力が165～25 170psiのオーダーである斜線で示した領域内で生じる。

この簡単な最適動作の指標は、強力な設計上の道具である。たとえば、電源（シリコン整流器）は、最大動作電圧が200Vである。最大規定電流30は400Aである。最大100%のデューティ比での出力は80Kwある。これらの最大条件下で動作させ、さらに超音速退出ジェット速度を生成させながらノズル寿命を最大にすることは困難な仕事である。第1に、正当なノズル径と長さが選択される。1例として、ノズル径は5/32インチ、長さは1インチが選択された。窒素流が増加すると、アーク電圧の増加率は減少し、最大160Vに達した。陽極点は、ノズル出口を越える方向に向けられなかつた。1つ利用可能な選択は、ノズルの長さを40減らすことであろう。他の選択は、一方は一定にして、ノズル径をわずかに増加させることである。後者の変化が選択され、その結果は第7図に示されている。

この発明は、好ましい実施例に関して詳細に説

17

明してきたが、この分野の当業者にとって、形態、細部の様々な変更がこの発明の精神と範囲から離れることなくなしうることが理解されるであろう。

【発明の効果】

以上、実施例の説明から明らかなように、本発明によれば、従来のプラズマアーク溶射法及び装置に比較して数倍のジェット速度を得ることができるとともに、アーク生成に用いられる電圧、電流が大きく、加熱容量を大きくすることができます。

また、本発明によれば、ノズル出口より長く伸長したイオン化アーク柱を得ることができる。

図面の簡単な説明

第1図は、基板の溶射被覆に用いられる従来のプラズマ溶射トーチの縦断面図、第2a図は、この発明の好ましい一実施例をなす改良されたノントランスクアーブラズマアークトーチの縦断面図、第2b図は、第2a図のトーチを線2b-2bで切断した横断面図、第3a図は、フレーム溶射される物質を棒状に伸長した長さのアーク柱に供給する第2a図の改良されたノントランスクアーブラズマアークトーチの1部を示す縦断面図、第3b図は、フレーム溶射される物質を棒状で伸長アーク柱の軸に十分小さな鋭角で供給するよう

に変形された第2a図の装置の1部を示す縦断面図、第4図は、フレーム溶射される物質が伸長アーク柱に比較的薄い平らな板として供給される第2a図の装置の一部断面一部斜視図、第5図は、棒状のフレーム溶射される物質に対し2つの別々の物質供給を行ない、伸長したアーク柱に異なる角度で物質を供給し、縦方向に分離した位置でアーク柱にぶつかるようにした第2a図の装置の1部変形例を示す縦断面図、第6図は、この発明の他の実施例をなす伸長したアーク柱を有する改良されたノントランスクアーブラズマアークトーチの縦断面図、第7図は、第2b図の伸長したアーク柱型ノントランスクアーブラズマアークトーチの最適動作条件を示すガス圧力と電圧の関係を示す図である。

15 10……溶射トーチ、26……チューブ、27……パイプ、30, 31……ボーデー、32……陰極、33……通路、34……ノズル、35……円錐形縮小部、37……イオン化アーク柱、38……フレームジェット、40……ショットクダイアモンド、41……環状室、50……線状、51……フィードロール、52……リング、53……アノード領域、55……第1ノズル通路、56……第2ノズル通路、57, 58……リード線、59……DC電源、60……陰極、61……第2ボーデー、  
20 62……軸方向穴、63……穴、64……環状溝、65……円錐形縮小部、66……円筒形室。



